



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 100 35 430 B4** 2005.06.16

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 100 35 430.0
(22) Anmeldetag: 20.07.2000
(43) Offenlegungstag: 07.02.2002
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 16.06.2005

(51) Int Cl.⁷: **G03F 7/38**
G03F 7/40, F26B 3/347

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
Advanced Photonics Technologies AG, 83052
Bruckmühl, DE

(74) Vertreter:
Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538 München

(72) Erfinder:
Bär, Kai K. O., Dr.-Ing., 83043 Bad Aibling, DE;
Wirth, Rolf, 83052 Bruckmühl, DE; Gaus, Rainer,
Dr.-Ing., 83703 Gmund, DE; Hülsmann, Thorsten,
83135 Schechen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 199 05 985 A1
DE 40 04 511 A1
DE 92 10 462 U1
EP 07 94 464 A1
WO 00/38 487 A1
Moreau, Wayne M.: Semiconductor Lithography,
New
York: Plenum Press 1988. Kap. 7 (Prebake), Kap.11
(Postbake), ISBN 0-306-42185-2;

(54) Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur thermischen Behandlung einer Fotolackschicht auf einem Schaltungssubstrat, insbesondere Halbleiterwafer

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur thermischen Behandlung zum Trocknen oder Hartbacken einer Fotolackschicht auf einem Schaltungssubstrat, insbesondere Halbleiterwafer, umfassend eine Bestrahlung mit elektromagnetischer Strahlung, die einen Wirkanteil im Bereich des nahen Infrarot, das heißt im Wellenlängenbereich zwischen 0,8 µm und 1,5 µm, hat, dadurch gekennzeichnet, dass vor und/oder während der Bestrahlung mindestens eine physikalische Größe der Fotolackschicht nämlich deren Temperatur und/oder Feuchtegehalt und/oder Reflexionsvermögen und/oder Brechungsindex, gemessen und das Meßergebnis zur Steuerung der Bestrahlung ausgewertet und genutzt wird.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur thermischen Behandlung zum Trocknen oder Hartbacken einer Fotolackschicht auf einem Schaltungssubstrat, insbesondere Halbleiterwafer, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

[0002] In integrierten Schaltungen werden die einzelnen Bauelemente- und Verdrahtungsstrukturen durch definierte Folgen von übereinanderliegenden Schichten mit durch das Schaltungslayout bestimmten vertikalen und horizontalen Abmessungen realisiert. Für die Festlegung der lateralen Abmessungen der Bereiche und Schichten, wie etwa der Ausdehnung und Lage von dotierten Zonen, wird die Strukturübertragung durch Lithographie auf die Halbleiter-scheibe (den Halbleiterwafer) benutzt. In ähnlicher Weise werden lithographische Verfahren auch zur Strukturierung auf anderen Schaltungssubstraten, etwa Kunststoffsubstraten für gedruckte Schaltungen (PCB = Printed Circuit Boards) oder Glassubstraten, benutzt.

[0003] Die Layoutebenen von ICs werden Ebene für Ebene auf Glasplatten übertragen, welche dort, wo sich Layoutstrukturen befinden, geschwärzt werden und in den übrigen Bereichen Licht durchlassen. Damit entstehen Masken, durch die eine fotosensitive Hilfsschicht auf der Waferoberfläche – der Fotolack – belichtet wird. Je nach Art des eingesetzten Fotolacks – Positiv- oder Negativresist – wird in den belichteten oder den unbelichteten Bereichen der Lack in einem Entwicklerbad gelöst und hier durch die Maskenstruktur in ein Lackprofil übertragen.

[0004] Da jede Oberflächenschicht auf dem Halbleiterwafer mindestens einmal strukturiert wird, ist die Lithographie der im Fertigungsprozeß integrierter Schaltungen am häufigsten auftretende Einzelprozeß, und eine möglichst effiziente Ausführung dieses Schrittes ist von großer Bedeutung für die Effizienz und damit die Kosten des Gesamtprozesses.

[0005] Moderne Positivlacke für die optische Lithographie basieren auf einem Phenolharz, welches durch Polymerisation von Phenol und Formaldehyd entsteht und üblicherweise als Novolak bezeichnet wird. Durch Zusatz von Sensibilisatoren, insbesondere Naphthachinondiaziden, wird die Lichtempfindlichkeit des Lackes bewirkt. Der Diazidsensibilisator reagiert bei der Lackherstellung mit dem Novolak und bildet photosensitive Makromoleküle. Die entstehende feste Substanz wird in organischen Lösungsmitteln (mit etwa 70 Vol.-% Anteil) aufgelöst, so daß sich ein sehr dünnflüssiger Lack ergibt. Dieser kann in einer Dicke von wenigen Mikrometern, beispielsweise durch Aufschleudern, äußerst gleichmäßig auf den Halbleiterwafer aufgebracht werden. Vor der Belichtung der belackten Scheiben wird der Fotolack durch

kontrolliertes Erwärmen der Scheiben getrocknet, wobei alle Lösungsmittelzusätze verdampfen.

[0006] Für bestimmte Anwendungen werden auch heute noch Negativlacke eingesetzt, deren physikalische Anwendungsparameter ähnlich denen der oben erwähnten Positivlacke sind, so daß auch hier eine Trocknung vor der Belichtung erforderlich ist.

[0007] Zum Trocknen ("Soft Bake" oder "Prebake") wird die belackte Scheibe im herkömmlichen Waferprozeß auf eine Heizplatte transferiert und typischerweise für eine Zeitdauer zwischen 30 s und einigen Minuten bei einer normalerweise zwischen 90 und 110°C liegenden Temperatur gehalten.

[0008] Nach der Belichtung und Entwicklung werden die erzeugten Lackstrukturen – typischerweise bei ca. 110°C und für etwa 30 s – hartgebacken ("Hardbake"), wodurch die Lackstege gefestigt und die Haftfestigkeit und chemische Beständigkeit des Lackes verbessert werden. Für bestimmte Ätzverfahren und die Ionenimplantation, bei denen relativ hohe Temperaturen in der Lackschicht auftreten, werden die Lackschichten zusätzlich mit kurzweiligem UV-Licht gehärtet ("Deep UV Hardening"). Unter dem Einfluß der energiereichen UV-Strahlung vernetzen die Lackmoleküle, wodurch sich die Lackstruktur verdichtet und der Lack später auch bei hohen Prozeßtemperaturen formstabil bleibt.

[0009] Die bekannten Trocknungs- und Hartbackschritte erfordern ein spezielles Handling der Halbleiterwafer und sind auch relativ zeitaufwendig, was insbesondere wegen der Vielzahl der Lacktrocknungs- bzw. -backschritte im Gesamtprozeß nachteilig ins Gewicht fällt.

Stand der Technik

[0010] Als Stand der Technik ist zunächst das Gebrauchsmuster DE 9210462 U1 zu nennen, worin ein Verfahren zur Wärmenachbehandlung bildmäßig belichteter Druckplatten offenbart wird, bei dem eine Bestrahlung der Druckplatten mittels Strahlung einer IR-Strahlungsquelle aus dem Spektralbereich zwischen 1000 nm und 10000 nm erfolgt.

[0011] Weiterhin ist aus der internationalen Offenlegungsschrift WO 00/38487 A1 ein Verfahren zur Vortrocknung und thermischen Endhärtung einer Fotolackschicht auf einem Schaltungssubstrat bekannt, bei dem eine Bestrahlung mit elektromagnetischer Strahlung aus dem Spektralbereich des nahen Infrarot zwischen 760 nm und 1400 nm erfolgt.

[0012] Ferner ist aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 4004511 A1 eine Vorrichtung zum Einbrennen von lichtempfindlichen Schichten während der Herstellung von Druckformen bekannt, bei der das

Heizelement als Quarz-Halogenlampe ausgeführt ist.

Aufgabenstellung

[0013] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur einfacheren und schnelleren thermischen Behandlung von Fotolackschichten auf Halbleiterwafern anzugeben.

[0014] Diese Aufgabe wird hinsichtlich ihres Verfahrensaspektes durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und hinsichtlich ihres Vorrichtungsaspektes durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst.

[0015] Die Erfindung schließt den grundlegenden Gedanken ein, zur thermischen Behandlung von Fotolackschichten auf Halbleiterwafern eine kurzzeitige Bestrahlung im nahen Infrarot (NIR) vorzusehen.

Ausführungsbeispiel

[0016] Die erfindungsgemäß eingesetzte NIR-Strahlung läßt sich in einfacher und kostengünstiger Weise durch mit erhöhter Betriebstemperatur betriebene Halogenlampen hoher Leistung erzeugen. Die Leistungsdichte, gemessen auf der Oberfläche der Fotolackschicht, liegt bevorzugt bei oder oberhalb 150 kW/m^2 , für Glassubstrate bevorzugt oberhalb von 500 kW/m^2 . Die Strahlung dieser Lampen hat ihren wesentlichen Leistungsanteil im Bereich zwischen $0,8$ und $1,5 \mu\text{m}$, wobei eine Einstellung auf die spezifischen Eigenschaften des jeweiligen Fotolacks und der Oberfläche des Halbleiterwafers in der jeweiligen Prozeßstufe über die Einstellung der Betriebsspannung möglich ist. Grundsätzlich ist der Einsatz derartiger Halogenlampen insbesondere aufgrund der Reflexionseigenschaften des Halbleiterwafers für Strahlung in diesem Wellenlängenbereich besonders vorteilhaft.

[0017] Mit dieser Lösung wird die Trocknung bzw. das Hartbacken (unter Vernetzung) der Fotolackschicht in Zeiträumen von typischerweise weniger als 15 s , typischerweise weniger Sekunden, ggfs. sogar in Sekundenbruchteilen, möglich. Hierdurch wird eine erhebliche Zeitersparnis im Gesamtprozeß erzielt. Ein weiterer wesentlicher Vorteil liegt darin, daß die Halbleiterwafer zur Trocknung bzw. zum Hartbacken nicht auf Heizscheiben transferiert werden müssen, so daß sich das gesamte Handling wesentlich vereinfacht. Ein weiterer wichtiger Vorzug der vorgeschlagenen Lösung besteht darin, daß das Substrat sich in dem Trocknungs- oder Hartbackschritt nur wenig erwärmt, da die Strahlungsenergie im wesentlichen in der Fotolackschicht selbst aufgenommen wird. Dies ist besonders günstig bei temperaturempfindlichen Kunststoffsubstraten für die PCB-Technologie. Es verringert aber auch die Gefahr des so-

genannten "Thermal Mismatch" von Schichtstrukturen auf Halbleitersubstraten und reduziert diesbezüglich in vorteilhafter Weise die Entwurfsanforderungen.

[0018] In einer Ausführungsvariante wird eine großflächige Bestrahlung des Substrates (speziell eines Halbleiterwafers bzw. von mehreren Halbleiterwafern gleichzeitig) mit einer im wesentlichen konstanten Strahlungsdichte vorgenommen, wobei insbesondere ein NIR-Strahler (insbesondere eine Halogenlampe) mit einem im wesentlichen parabolischen Reflektor eingesetzt wird. Je nach konkreter Verfahrensführung werden hierbei annähernd punktförmige Strahler mit paraboloidischem Reflektor oder lineare Strahler mit einem langgestreckten Reflektor mit parabolischem Querschnitt eingesetzt.

[0019] In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung wird mittels eines langgestreckten Reflektors mit einem Ellipsenabschnitts-Querschnitt das Licht einer langgestreckten NIR-Strahlungsquelle auf eine im wesentlichen rechteckige Strahlungszone mit weitgehend konstanter Strahlungsdichte fokussiert und diese Strahlungszone abtastend über die Waferoberfläche bewegt. Dies kann durch Bewegung, insbesondere Schwenken, der Strahlungsquelle oder durch Verschiebung einer Unterlage des Wafers geschehen. Entsprechende Bewegungsmechanismen sind an sich bekannt und bedürfen hier keiner genaueren Beschreibung.

[0020] Insbesondere für thermische Behandlungen von Fotolackschichten im Sinne eines Trocknens bzw. Vorbackens (Soft Bake) ist der zusätzliche Einsatz eines Trocknungs-Gasstromes zur schnellen Abführung des Lösungsmitteldampfes über der erwärmten Fotolackschicht zweckmäßig. Als solcher kann im einfachsten Falle ein Luftstrom eingesetzt werden. Der Gasstrom ist bevorzugt annähernd parallel zur Wafer- und Fotolackoberfläche ausgerichtet, und die vertikale Erstreckung und Geschwindigkeit des Gasstromes wird auf die konkreten physikalischen Parameter des Fotolacks und die Bestrahlungsparameter eingestellt. Druckgas-Erzeugungseinrichtungen zur Erzeugung des Gasstromes sind an sich bekannt und werden daher hier nicht näher beschrieben.

[0021] Bei der thermischen Behandlung eines UV-Resists vor dessen Belichtung ist durch geeignete Mittel der UV-Strahlungsanteil im wesentlichen vollständig auszufiltern. In einer zweckmäßigen Ausführung der vorgeschlagenen Anordnung geschieht dies durch zwischen der eigentlichen Strahlungsquelle und der Fotolackoberfläche angeordnete UV-Filtermittel, insbesondere eine mit einem UV-Absorber beschichtete und/oder gefüllte Glasplatte bzw. Glasplattenanordnung. Für Elektronen- oder Röntgenstrahlresiste, zu deren Trocknung die vorgeschlagene Lösung ebenfalls anwendbar ist, ist die Ausfil-

zung von UV-Strahlungskomponenten aber nicht erforderlich.

[0022] Andererseits ist für bestimmte Anwendungen des sogenannten Hartbackens zur Verfestigung der nach der Belichtung und Entwicklung gebildeten Lackstruktur eine Erhöhung des Anteils der (insbesondere kürzerwelligen) UV-Strahlung vorteilhaft. Dies geschieht in einer ersten Variante durch (relative) Verringerung des Anteils der außerhalb des UV-Bereiches liegenden spektralen Komponenten durch Abschwächung mittels geeigneter Filter für sichtbares Licht und nahes Infrarot und in einer anderen Variante durch den zusätzlichen – insbesondere zeitgleichen – Einsatz eines UV-Strahlers.

[0023] UV-Strahler zur Bestrahlung von Halbleiterwafern sind als solche bekannt und werden daher hier nicht genauer beschrieben. Es handelt sich insbesondere um Quarzlampen oder die (aufgeweitete) Strahlung eines im UV-Bereich imitierenden Lasers (beispielsweise eines Excimerlasers). Durch die Kombination einer NIR-Strahlungsquelle und einer UV-Strahlungsquelle kann – gegebenenfalls unter zusätzlicher Nutzung von Filtern – ein zur schnellen kombinierten thermischen und UV-Härtung eines Fotolacks optimales Wellenlängen-/Temperaturregime eingestellt werden.

[0024] Im Hinblick auf die mit der vorgeschlagenen Lösung realisierbaren sehr kurzen Behandlungszeiten ist der Einsatz einer speziellen Bestrahlungssteuereinrichtung vorgegeben, die zwischen die eigentliche Strahlungsquelle und die Fotolackschicht auf dem Halbleiterwafer geschaltet wird und die Einwirkung der NIR-Strahlung (und eventuell zusätzlicher UV-Strahlung) mit exakt voreinstellbaren und reproduzierbaren Bestrahlungsparametern (insbesondere Bestrahlungsspektrum und Leistungsdichte) gewährleistet. Eine solche Bestrahlungssteuereinrichtung umfaßt insbesondere eine Verschlußeinrichtung, die den oder die Halbleiterwafer gegenüber der – vorher auf konstante Betriebsparameter gebrachten – Strahlungsquelle für eine exakt voreingestellte Zeit freigibt.

[0025] Eine für den jeweiligen Anwendungsfall optimierte Verfahrensführung ist mit einer Anordnung realisierbar, die eine oder mehrere Meßeinrichtung(en) zur Erfassung prozeßrelevanter physikalischer Größen der Fotolackschicht und ggfs. auch des Substrates aufweist. Hierzu zählen Temperaturfühler, Feuchtefühler und optische Sensoren zur Erfassung des Reflexionsvermögens oder des Brechungsindex oder anderer optischer Parameter, die Aufschluß über den Trocknungs- bzw. Vernetzungszustand der Fotolackschicht geben. In Abhängigkeit von den erfaßten Meßwerten bzw. einem Ergebnis der Auswertung dieser Meßwerte können die im weiteren Prozeßverlauf einzustellenden Bestrahlungsparameter, insbesondere die Leistungsdichte und

ggfs. auch die spektrale Zusammensetzung der Strahlung, optimiert werden.

[0026] Hierzu wird zweckmäßigerweise eine Bestrahlungssteuereinrichtung eingesetzt, die über Steuereingänge mit dem Meßfühler oder den Meßfühlern bzw. einer nachgeschalteten Auswertungs-einrichtung verbunden ist. Diese Steuereinrichtung kann auch als Regeleinrichtung ausgeführt sein, die eine Verfahrensführung im geschlossenen Regelkreis (Closed-Loop-Control) realisiert.

[0027] Hierbei können auch selbstregelnde Effekte berücksichtigt und ausgenutzt werden, wie etwa die Veränderung der optischen und thermischen Eigenschaften der Fotolackschicht mit abnehmendem Feuchtegehalt (bei der Trocknung) bzw. zunehmenden Vernetzungsgrad (beim Hartbacken).

Patentansprüche

1. Verfahren zur thermischen Behandlung zum Trocknen oder Hartbacken einer Fotolackschicht auf einem Schaltungssubstrat, insbesondere Halbleiterwafer, umfassend eine Bestrahlung mit elektromagnetischer Strahlung, die einen Wirkanteil im Bereich des nahen Infrarot, das heißt im Wellenlängenbereich zwischen 0,8 µm und 1,5 µm, hat, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor und/oder während der Bestrahlung mindestens eine physikalische Größe der Fotolackschicht nämlich deren Temperatur und/oder Feuchtegehalt und/oder Reflexionsvermögen und/oder Brechungsindex, gemessen und das Meßergebnis zur Steuerung der Bestrahlung ausgewertet und genutzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als elektromagnetische Strahlung die Strahlung einer mit erhöhter Betriebstemperatur betriebenen Halogenlampe eingesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die elektromagnetische Strahlung auf der Fotolackschicht eine Leistungsdichte von 150 kW/m² oder mehr aufweist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine ganzflächige Bestrahlung des Schaltungssubstrats mit konstanter Strahlungsdichte während einer Zeit von weniger als 15 s.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine Bestrahlung mit auf eine rechteckige Strahlungszone, deren Breite wesentlich kleiner als die entsprechende Abmessung des Schaltungssubstrats ist, fokussierter Strahlung, wobei die Strahlungszone abtastend über das Schaltungssubstrat geführt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Vorbacken einer UV-sensitiven Fotolackschicht zu deren Trocknung vor einer Belichtung UV-Anteile der elektromagnetischen Strahlung vollständig ausgefiltert werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Vorbacken der Fotolackschicht zu deren Trocknung vor einer Belichtung über die Fotolackschicht ein Trocknungsgasstrom geführt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Hartbacken der Fotolackschicht zu deren Verfestigung nach einer Belichtung elektromagnetische Strahlung mit einem erhöhten UV-Anteil eingesetzt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine relative Erhöhung des UV-Anteils durch Abschwächung der übrigen spektralen Anteile der Strahlung einer Halogenlampe bewirkt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu einem NIR-Strahler und gleichzeitig mit diesem ein UV-Strahler eingesetzt wird.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Verfahrensführung mit einem geschlossenen Regelkreis.

12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche, umfassend eine über der Oberfläche des Halbleiterwafers angeordnete und auf diese ausgerichtete Strahlungsquelle für elektromagnetische Strahlung, die einen Wirkanteil im Bereich des nahen Infrarot, das heißt im Wellenlängenbereich zwischen 0,8 μm und 1,5 μm , hat, gekennzeichnet durch mindestens eine Meßeinrichtung zur Erfassung mindestens einer physikalischen Größe der Fotolackschicht, nämlich deren Temperatur und/oder Feuchtegehalt und/oder Reflexionsvermögen und/oder Brechungsindex, und eine Bestrahlungssteuereinrichtung zur Realisierung der kurzzeitigen Einwirkung der elektromagnetischen Strahlung auf die Fotolackschicht mit vorgegeben Bestrahlungsparametern im Ansprechen auf das Messergebnis.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlungsquelle eine mit erhöhter Betriebstemperatur betriebene Halogenlampe aufweist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlungsquelle einen parabolischen Reflektor zur Erzeugung einer den gesamten Halbleiterwafer erfassenden Strah-

lungszone mit konstanter Strahlungsdichte aufweist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlungsquelle einen den Querschnitt eines Ellipsenabschnittes aufweisenden Reflektor zur Erzeugung einer rechteckigen Strahlungszone mit einer Breite hat, die kleiner als der Durchmesser des Halbleiterwafers ist, und eine Bewegungseinrichtung zur abtastenden Bewegung der Strahlungsquelle über den Halbleiterwafer vorgesehen ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, gekennzeichnet durch eine Gasstromerzeugungseinrichtung zur Erzeugung eines Trockengasstromes.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, gekennzeichnet durch ein zwischen der Strahlungsquelle und der Oberfläche des Halbleiterwafers angeordnetes UV-Filter zur vollständigen Ausfilterung von UV-Anteilen der elektromagnetischen Strahlung.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das UV-Filter eine mit einem UV-Absorber gefüllte oder beschichtete Glasplatte aufweist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, gekennzeichnet durch ein Filter zur Abschwächung von außerhalb des UV-Bereiches liegenden Anteilen der elektromagnetischen Strahlung der Strahlungsquelle.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16 oder 19, gekennzeichnet durch einen zusätzlichen, auf die Oberfläche des Halbleiterwafers ausgerichteten UV-Strahlen.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestrahlungssteuereinrichtung mindestens einen Steuereingang aufweist, über den sie mindestens mittelbar mit einer Meßeinrichtung verbunden ist und ein Meßsignal oder Auswertungsergebnis empfängt derart, daß aufgrund des Meßsignals oder Auswertungsergebnisses eine Einstellung der Bestrahlungsparameter erfolgt.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 21, gekennzeichnet durch eine Regeleinrichtung zur Durchführung der Bestrahlung in einem geschlossenen Regelkreis.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen